

کارایی سیستم لجن فعال متعارف در حذف آلکیل بنزن سولفونات خطی از فاضلاب شهری*

راضیه خامو طیان¹؛ عبدالله درگاهی²؛ مقدار پیرصاحب^{1*}؛ علی الماسی¹

چکیده

زمینه: آلکیل بنزن سولفونات خطی از دسته شوینده‌های آنیونی است که به میزان زیادی در کشورهای مختلف تولید و از طریق شبکه‌های فاضلاب به محیط زیست طبیعی راه پیدا می‌کند. تصفیه‌خانه‌های فاضلاب نقش مؤثری در حذف این آلاینده بر عهده دارند. هدف از این مطالعه تعیین کارایی سیستم لجن فعال متعارف در حذف آلکیل بنزن سولفونات خطی از فاضلاب شهر کرمانشاه است.

روش‌ها: این مطالعه توصیفی تحلیلی به مدت 10 ماه روی فاضلاب شهر کرمانشاه انجام شد. به منظور تعیین کارایی فرآیند لجن فعال از بخش‌های ورودی، تعداد 60 نمونه فاضلاب بعد از ته‌نشینی اولیه و خروجی تصفیه‌خانه برداشت شد و میزان آلکیل بنزن سولفونات خطی سنجش گردید. کلیه شرایط نمونه‌برداری و انجام آزمایش‌ها براساس رهنمودهای کتاب استاندارد متد صورت گرفت.

یافته‌ها: میانگین حذف آلکیل بنزن سولفونات خطی در فصل زمستان و فصول گرم به ترتیب برابر با 90/8 و 96/5 درصد به دست آمد و میانگین کلی حذف آن‌ها برابر با $93/9 \pm 3/6$ درصد بود. همچنین میزان حذف COD و TSS در فصل زمستان به ترتیب 88/3 و 72/3 درصد بود. این مقادیر در فصل تابستان به ترتیب برابر با 86/9 و 83/3 درصد به دست آمد.

نتیجه‌گیری: فرآیند لجن فعال متعارف نقش مؤثری در حذف غلظت آلکیل بنزن سولفونات خطی دارد و غلظت آن در خروجی سیستم در فصول گرم کم‌تر از میزان استاندارد زیست‌محیطی جهت تخلیه به آب‌های سطحی می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: آلکیل بنزن سولفونات خطی، فرآیند تصفیه لجن فعال متعارف، کرمانشاه

«دریافت: 1392/6/9 پذیرش: 1392/11/29»

1. گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه

2. گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده علوم پزشکی خلخال، دانشگاه علوم پزشکی اردبیل

*عهده‌دار مکاتبات: کرمانشاه، میدان ایثار، جنب بیمارستان فارابی، دانشکده بهداشت، گروه مهندسی بهداشت محیط تلفن: 08318264165

Email: mpirsaheb@yahoo.com

★ این مقاله منتج از پایان‌نامه دانشجویی خانم راضیه خامو طیان جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی بهداشت محیط از دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه می‌باشد.

مقدمه

با تجمع در سطح مشترک گاز-مایع یا جامد-مایع خصوصیات آب را تغییر داده و با کاهش کشش سطحی آن، عمل پاک‌کنندگی را تسریع می‌کند. از طرفی ذرات چربی و روغن را معلق نگه‌داشته و از ته‌نشین شدن مجدد آن‌ها روی سطوح جلوگیری می‌کند. به‌طور کلی سورفکتانت‌های سنتتیک شامل انواع آنیونی، کاتیونی، غیریونی و آمفوتریک هستند. قسمت هیدروفیل این

دترجنت‌ها از جمله مواد آلی سنتتیک‌اند که طیف گسترده‌ای از محصولات پاک‌کننده را در بر گرفته و مخلوطی از چندین ماده شیمیایی هستند که از خواصی همچون کاهش کشش سطحی، خیس‌کنندگی، امولسیون‌کنندگی و حلالیت برخوردارند (1). ماده فعال دترجنت‌ها سورفکتانت‌ها یا عوامل فعال سطحی است که

در نهایت به آب و دی اکسید کربن تبدیل می شود. روند تجزیه هوازی LAS شامل تجزیه زنجیر خطی آلکیل، گروه سولفونات و در نهایت حلقه بنزنی است. تجزیه آلکیل با اکسیداسیون گروه نهایی متیل (اکسیداسیون- ω) به الکل، آلدئید و اسید کربوکسیلیک شروع می شود، که به حضور اکسیژن نیازمند است (10). مرحله دوم در تجزیه LAS، تجزیه گروه سولفونات است و به این ترتیب سولفیت تولید می شود که می تواند در محیط به سولفات اکسید شود (11). سیستم های تصفیه هوازی فاضلاب همچون لجن فعال متعارف، لجن فعال هواهی گسترده، صافی های چکنده، برکه های اکسیداسیون و تماس دهنده های بیولوژیکی چرخان از جمله فرآیندهای معمولی هستند که جهت تصفیه فاضلاب مورد استفاده قرار می گیرند. بر پایه مطالعات صورت گرفته، میزان حذف LAS در فرآیند لجن فعال بین 95-99/9 درصد بوده است (12-14). میزان حذف LAS در صافی های چکنده در گزارش مربوط به کشورهای اروپایی برابر 89/1-99/1 درصد و در ایالت متحده به میزان 83 درصد بوده است (15 و 16).

از آنجا که کارایی فرآیند لجن فعال متعارف در نقاط مختلف با شرایط فرهنگی و آب و هوایی متفاوت، متغیر است، هدف از مطالعه حاضر تعیین کارایی فرآیند لجن فعال متعارف در حذف آلکیل بنزن سولفونات خطی از فاضلاب شهر کرمانشاه می باشد. از آنجا که تاکنون هیچ گونه مطالعه ای در شهر کرمانشاه در این خصوص صورت نگرفته، با توجه به اهمیت بهداشتی و زیست محیطی دترجنت ها انجام چنین مطالعه ای ضروری به نظر می رسد.

مواد و روش ها

در پژوهش توصیفی تحلیلی حاضر به منظور تعیین میزان کارایی سیستم لجن متعارف در حذف سورفاکتانت LAS، اقدام به نمونه برداری لحظه ای و سپس انجام آزمایش گردید. نمونه ها به مدت 10 ماه برداشته شد. نمونه گیری به منظور آنالیز شیمیایی با استفاده از ظروف

ترکیبات شامل گروه های کربوکسیل، هیدروکسیل، سولفات و سولفونات است و قسمت هیدروفوب نیز معمولاً یک هیدروکربور پارافینی یا اولفینی خطی یا شاخه ای (هیدروکربن هایی با 8-20 اتم کربن) یا مخلوطی از آن دو ترکیب است (2).

سورفاکتانت های آنیونی بزرگترین و پرمصرف ترین گروه پاک کننده ها هستند و در شوینده های ماشین لباس شویی و ظرفشویی و انواع پاک کننده های خانگی مورد استفاده قرار می گیرند (3). آلکیل بنزن سولفانات خطی (LAS=Linear Alkyl Benzene Sulphonate) بیشترین کاربرد را در بین سورفاکتانت های آنیونی دارد و به مدت 40 سال است که به طور گسترده ای مورد استفاده قرار گرفته است، به طوری که مصرف جهانی آن در سال 2003 برابر با 18/2 میلیون تن بوده است (4). LAS از یک حلقه آروماتیک و یک زنجیره 10-14 کربنی تشکیل شده و دارای همولوگ ها و ایزومرهای متفاوتی است (5). آلودگی سورفاکتانت های آنیونی در سال های اخیر به دلیل افزایش کاربرد آن در منازل، صنایع و کشاورزی روند رو به رشدی داشته است (6). سورفاکتانت از طریق تخلیه فاضلاب به آب های سطحی همچون رودخانه ها، دریاچه ها و دریاها راه یافته و اثرات نامطلوبی بر اکوسیستم برجای می گذارد (7). حضور این ترکیبات در فاضلاب های شهری بستگی به میزان و نوع صناعی دارد که پساب آن ها به شبکه جمع آوری فاضلاب راه می یابد و معمولاً غلظت LAS در فاضلاب در محدوده 1-10 میلی گرم در لیتر می باشد (8).

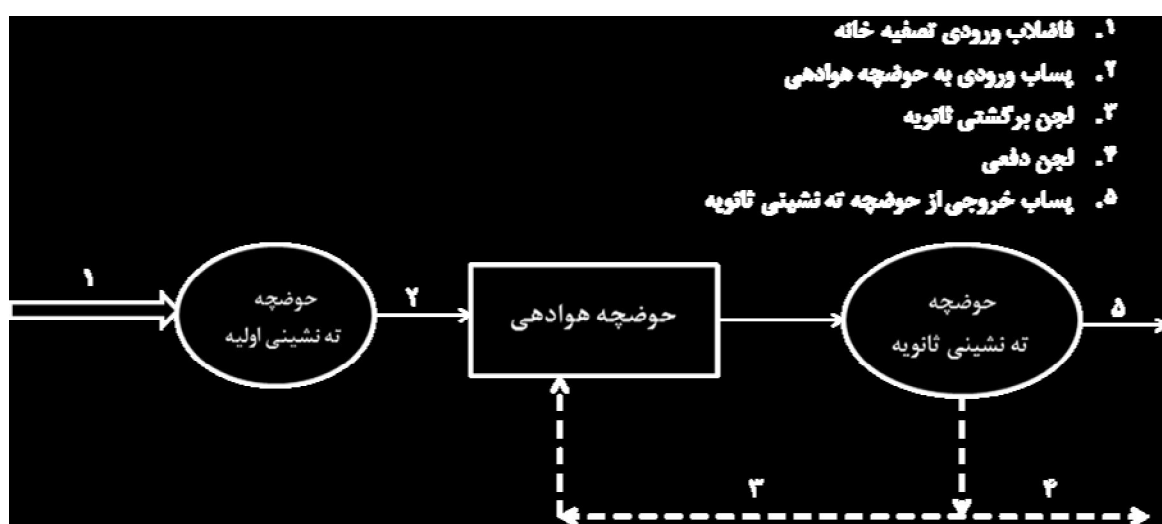
سورفاکتانت ها پس از مصرف وارد شبکه های فاضلاب رو شهری شده و نهایتاً به تصفیه خانه های فاضلاب می رسند. تصفیه خانه های فاضلاب از طریق فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی نقشی مهم و کلیدی در حذف این ترکیبات از فاضلاب ها دارند. تجزیه پذیری بیولوژیکی LAS یک فرآیند مهم در تصفیه و حذف آن از سیستم های تصفیه فاضلاب به شمار می رود (9). تحت شرایط هوازی، LAS به زنجیره های کوتاه تر و

دفع یا استفاده مجدد از پساب‌ها مقایسه گردید (20-18). تعداد کل نمونه‌های برداشتی در طول مطالعه در هر یک از زمان‌های موردنظر (8 صبح، 10 صبح و 12 ظهر) و در بخش‌های ورودی، بعد از ته‌نشینی اولیه و خروجی به تعداد 60 نمونه بود. به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار Excel استفاده گردید. برای مقایسه نتایج با مقادیر استاندارد از آزمون آماری T-Test استفاده شد. جهت مقایسه LAS، COD و TSS در فصول و ماه‌های مختلف سال از آزمون آماری ANOVA و نرم‌افزار SPSS 17 استفاده گردید.

یافته‌ها

تغییرات غلظت متوسط LAS، COD و TSS در سه دبی حداقل، متوسط و حداکثر در سیستم به تفکیک ماه‌های مختلف بررسی شد (جدول 3-1) است. تغییرات راندمان سیستم در حذف این پارامترها نیز در ماه‌های مختلف بررسی شد (نمودار 3-1). در ادامه همبستگی بین غلظت COD با غلظت LAS و همبستگی بین غلظت COD با غلظت LAS در فاضلاب تصفیه‌خانه فاضلاب کرمانشاه نشان داده شد (نمودار 4 و 5).

مخصوص نمونه‌برداری فاضلاب از قسمت‌های ورودی، خروجی ته‌نشینی اولیه و فاضلاب تصفیه‌شده انجام شد. نمونه‌برداری از سیستم در ساعت‌های 8 صبح، 10 صبح و 12/30 ظهر صورت گرفت. انتخاب این ساعات با توجه به مقادیر دبی ورودی به تصفیه‌خانه بود. دبی توسط پارشال فلوم که بعد از حوضچه دانه‌گیر قرار دارد مورد سنجش قرار گرفت. طبق بررسی صورت‌گرفته مقادیر دبی حداقل در ساعت 8 صبح، دبی متوسط حدود ساعت 10 صبح و دبی پیک بین ساعات 12 تا 2 ظهر رخ می‌داد. در تصویر 1 دیاگرامی از محل‌های نمونه‌برداری ترسیم شده است. سپس نمونه‌ها در مجاورت ظرف حاوی یخ به آزمایشگاه شیمی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه انتقال داده شد. به‌منظور تعیین مقدار سورفاکتانت‌های آنیونی از روش متیلن‌بلو (MBAS) استفاده شد. کلیه شرایط نمونه‌برداری و انجام آزمایش‌ها براساس رهنمودهای کتاب استاندارد متد صورت گرفت (17). به‌منظور بررسی عملکرد این تصفیه‌خانه در حذف LAS، پارامترهای مورد سنجش در پساب خروجی با استانداردهای خروجی فاضلاب سازمان حفاظت محیط زیست ایران و رهنمودهای سازمان بهداشت جهانی برای



تصویر 1- شماتیکی از تصفیه‌خانه و محل‌های نمونه‌برداری

جدول 1- مقادیر میانگین غلظت LAS، TSS و COD در ورودی، بعد از ته نشینی و خروجی از تصفیه خانه فاضلاب شهر کرمانشاه طی ماه های

مختلف سال در دبی متوسط

ماه	مکان								
	ورودی			بعد از ته نشینی			خروجی		
	COD	TSS	LAS	COD	TSS	LAS	COD	TSS	LAS
دی	292/6±24/6	145/0±20/5	13/23±2/3	114/4±15/4	11/9±3/48	258/9±14/8	45±14/6	43/17±5/12	1/3±0/57
بهمن	297/1±12/3	139/9±29/8	14/1±1/8	115±16/65	13±2/67	275/2±12/9	50/8±13/3	37/9±4/8	1/85±0/2
اسفند	316/94±10/45	147/5±17/9	16±1/5	120/5±18/2	15±1/38	287/4±20/9	54/4±16/2	39/46±3/6	1/5±0/71
فروردین	311/86±13/9	140±23/35	15/8±1/43	112/3±11/4	15/1±4/3	277/4±18/7	39/7±12/2	38±4/9	1/43±0/3
اردیبهشت	298/81±12/8	152±12/1	16/1±3/9	116/2±20/2	14/5±1/38	268/9±24/3	40/6±10/1	40±2/56	0/78±0/5
خرداد	323/76±20/7	173±19/08	17/2 ± 3/1	123/4±21/1	15/4±1/51	285/5±22/2	43/4±17/2	32/58±5/45	0/9±0/2
تیر	338/56±15/8	165/4±24	16/4±2/6	113/9±13	15/6±2/2	290/4±15/1	40/3±9/2	33±2/78	0/5±0/31
مرداد	345/4±9/5	183/33±16/7	1/9±19/23	16/67±3/5	15/87±2/26	295±14/3	43/16±7/8	4/5±35/7	0/35±0/8
شهریور	334/7±16/8	21/2±158/7	0/76±16/5	15/87±2/26	25± 118	300±26/6	2/9±42/2	3/9±37/9	0/4±0/22
مهر	321/3±20/22	16/6±155/3	1/79±15/7	14/1±1/2	115±19/1	286±25/4	61±7/5	55±9/6	0/8±0/78

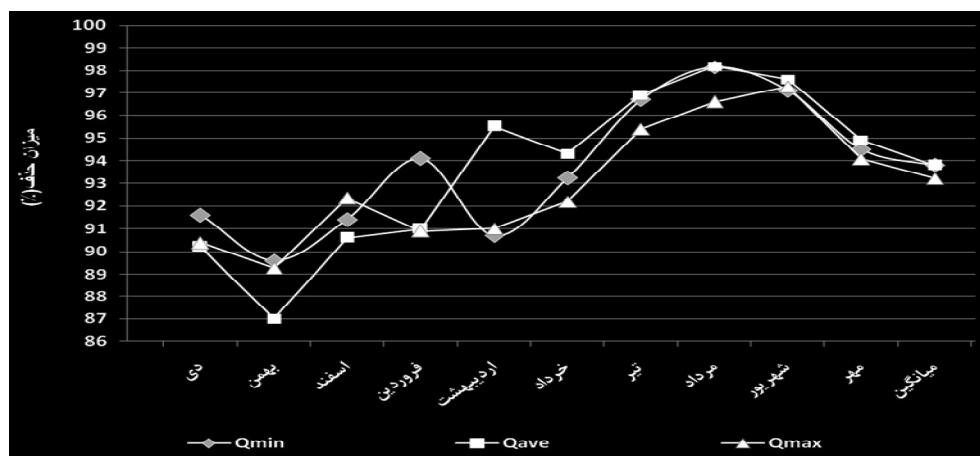
جدول 2 - مقادیر میانگین غلظت LAS، TSS و COD در ورودی، بعد از ته نشینی و خروجی از تصفیه خانه فاضلاب شهر کرمانشاه طی ماه های

مختلف سال در دبی حداقل

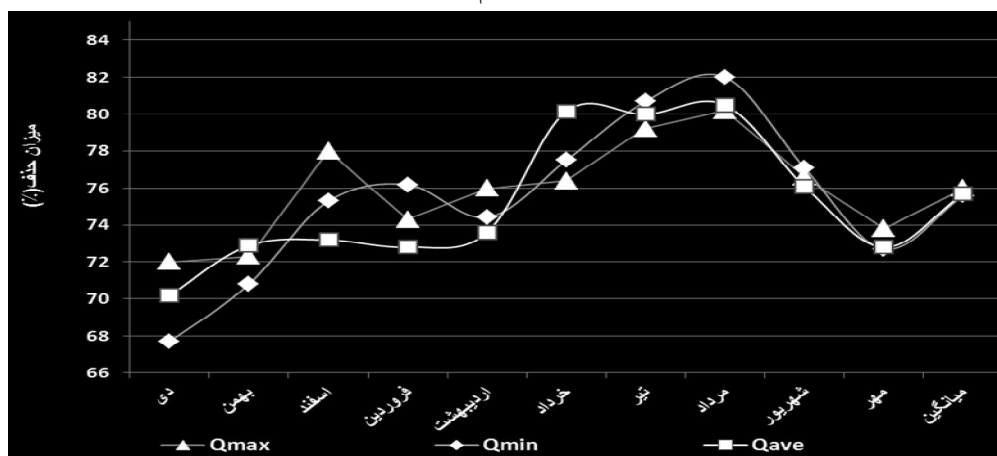
ماه	مکان								
	ورودی			بعد از ته نشینی			خروجی		
	COD	TSS	LAS	COD	TSS	LAS	COD	TSS	LAS
دی	243/3±23/3	127±14/1	13/1±1/7	11/5±2/5	99±15/6	223/2±21/1	45±6/3	41±9/6	1/1±0/28
بهمن	260/2±19/2	120±15/3	12/5±2/4	11±4/3	108±19/4	231/8±17/2	41±3/3	35±4/5	1/3±0/35
اسفند	285±15/1	130±18/5	14±1/2	12/5±1/2	111±16/2	241/±18/3	43±6/5	32±3/6	1/2±0/07
فروردین	272±21/6	122±17/6	13/5±3/9	11/6±2/7	107±22/2	247/9±20/3	38/4±3/4	29±5/7	0/8±0/7
اردیبهشت	280±22/4	137±20/2	15/2±0/6	14/5±4/6	103±25/1	245/1±18/3	38±4/6	35±3/5	1/4±0/1
خرداد	295±14/11	138±18/3	14/8±3/1	13/9±3/3	109±28/5	249/8±22/7	39/9±4/7	31±4/3	1±0/03
تیر	298±30/5	140±14/4	15/1±3/7	13/5±3/5	105±19/3	258/4±26	33±4/5	27±4/5	0/5±0/2
مرداد	310±25/2	134±16/4	16/3±1/9	15/3±3/6	113±17/5	251/±21/7	35/3±5/5	24±4/4	0/3±0/3
شهریور	297±26/1	140±19/6	14/1±2/9	12/5±2/6	100±17/2	243/2±25/5	38±3/5	32±5/5	0/4±0/18
مهر	292±33/2	136±13/5	12/8±2/8	11/8±5/8	98±15/2	231/8±20	47±4/6	37±2/3	0/7±0/09

جدول 3 - مقادیر میانگین غلظت LAS، TSS و COD در ورودی، بعد از ته نشینی و خروجی از تصفیه‌خانه فاضلاب شهر کرمانشاه طی ماه‌های مختلف سال در دبی حداکثر

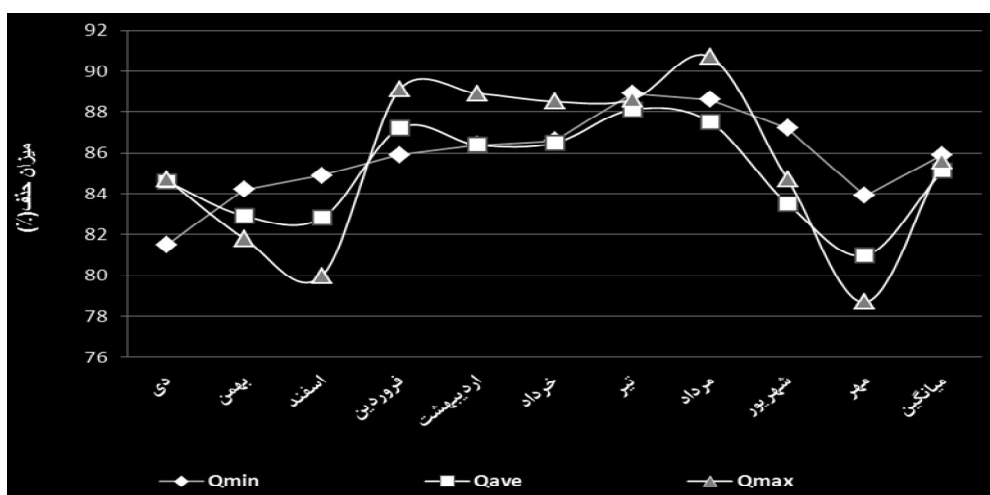
ماه	مکان								
	ورودی			بعد از ته نشینی			خروجی		
	COD	TSS	LAS	COD	TSS	LAS	COD	TSS	LAS
دی	342±18/2	162±16/7	15/6±2/3	278±15/1	118±16/3	14/7±1/6	52±5/6	45±3/6	1/5±0/5
بهمن	334±19/9	166±18/3	16/8±2/2	303±25/4	122±19/7	14/3±3/4	60/7±3/3	46±5/5	1/8±0/7
اسفند	336±21/3	173±19/2	17±3/4	305±23/6	126±18/3	12/8±2/8	67±4/1	38±4/4	1/3±0/3
فروردین	354±27/5	171±24/1	17/6±4/7	293/9±19/7	120±15/5	16/3±3/7	38/5±5/5	44±3/7	1/6±0/7
اردیبهشت	344±27/1	175±17/2	17/8±3/6	315±22/9	134±17/7	18/5±4/5	39/9±5/4	40±5/6	1/5±0/4
خرداد	349/5±24/2	170±19/6	19/3±3/3	296±18/9	130±16/6	15/7±2/6	38/2±4/2	42±7/4	1/6±0/6
تیر	364±22/3	177±18/2	17/5±1/2	338/9±30/3	140±16/7	16/5±2/3	41/6±5/2	36/7±3/4	0/8±0/3
مرداد	380±17/4	180±16/4	20/5±4/4	339±26/2	135±20/3	19/8±3/4	35/3±3/1	35/5±5/5	0/7±0/21
شهریور	372/4±16/2	167±15/1	18/3±3/8	323±25/1	128±15/4	16/9±5/3	57±7/4	39±6/4	0/5±0/11
مهر	354±26/1	173±19/2	16/9±2/7	334±27/3	120±14/4	15/5±4/4	75±6/6	45/3±4/5	1±0/2



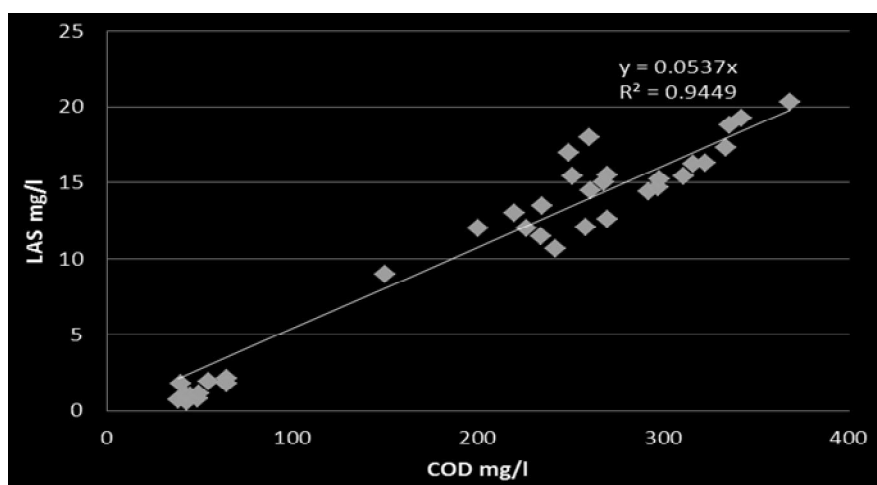
نمودار 1- میانگین راندمان حذف LAS توسط سیستم لجن فعال متعارف از فاضلاب شهر کرمانشاه



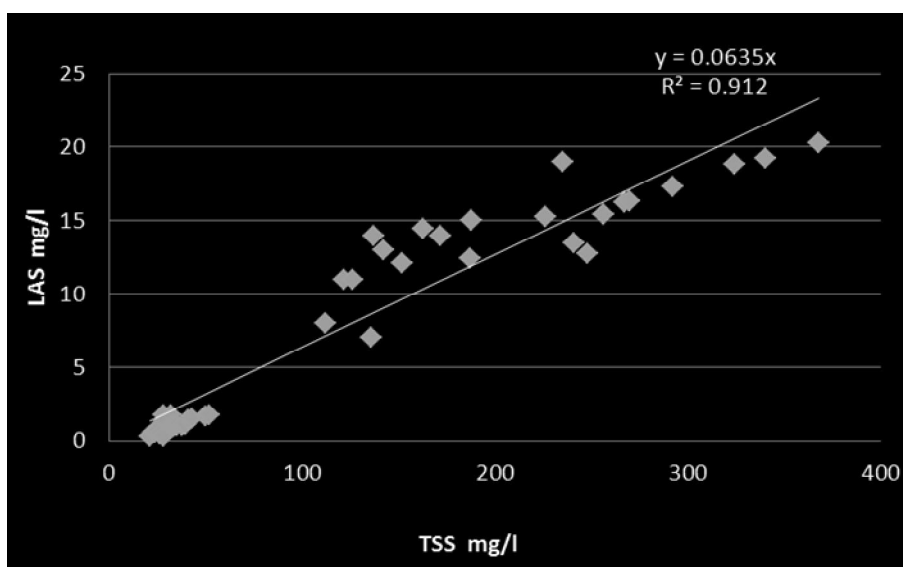
نمودار 2- میانگین راندمان حذف TSS توسط سیستم لجن فعال متعارف از فاضلاب شهر کرمانشاه



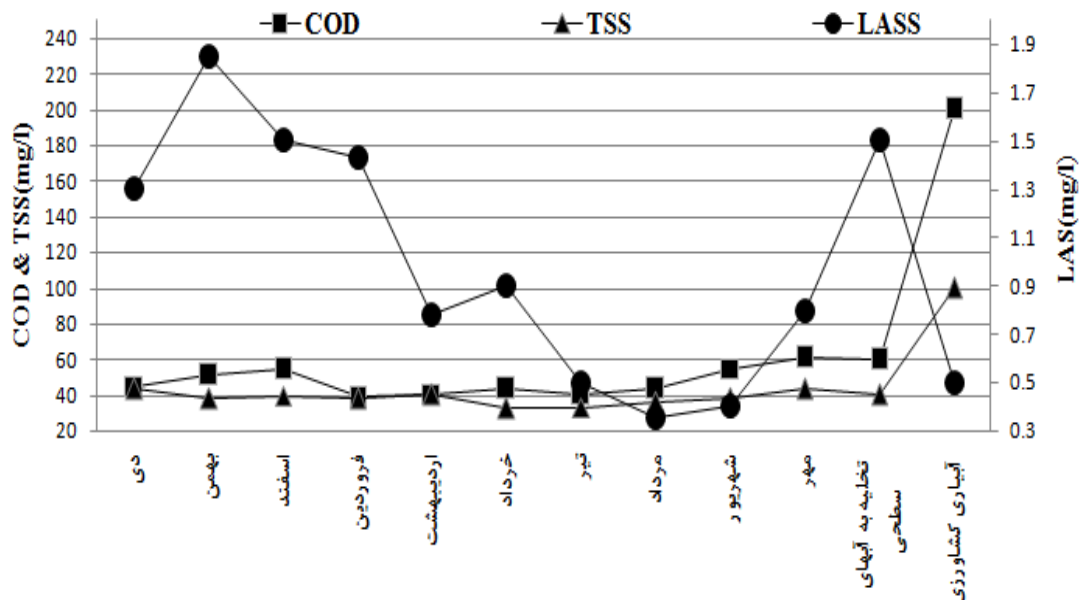
نمودار 3- میانگین راندمان حذف COD توسط سیستم لجن فعال متعارف از فاضلاب شهر کرمانشاه



نمودار 4- ارتباط بین غلظت COD با غلظت LAS در فاضلاب تصفیه خانه فاضلاب کرمانشاه



نمودار 5- ارتباط بین غلظت TSS با غلظت LAS در فاضلاب تصفیه خانه فاضلاب کرمانشاه



نمودار 6- مقایسه میزان LAS، COD و TSS پساب خروجی از سیستم لجن متعارف با استانداردهای تخلیه به آبهای سطحی و آبیاری کشاورزی

ماه‌های سال با اختلاف معناداری از استانداردهای استفاده مجدد از پساب در مصارف آبیاری کشاورزی و تخلیه آبهای سطحی کمتر است ($P < 0/001$).

بحث

براساس نتایج مطالعه حاضر میانگین کلی حذف LAS در این سیستم برابر با 93/9 به دست آمد. در مطالعه‌ای که توسط واترزا و فیجتب (J. Watersa and Feijteb) بر روی سیستم لجن فعال در کشورهای هلند، اسپانیا و ایتالیا صورت گرفت، میزان متوسط حذف LAS برابر با 99/2 درصد بود (21). همچنین در مطالعه‌ای که توسط اکخوف و راپاپورت (WS Eckhoff and Rapaport) صورت گرفت میزان حذف LAS در سیستم لجن فعال به طور متوسط برابر با 98 درصد به دست آمد (22). در مطالعه پیرصاحب و همکاران میزان حذف LAS در سیستم لجن فعال گسترده در فصول گرم برابر با 99/2 و در فصول سرد 94/1 محاسبه گردید (12).

در مطالعه‌ای که در اسپانیا انجام شد میزان حذف بیولوژیکی LAS در سیستم لجن فعال برابر با 92 درصد

با توجه به نتایج ارائه شده و انجام آزمون آماری T-Test تک‌گروهی، میانگین به دست آمده برای LAS پساب نهایی در تمام ماه‌های سال (به جز بهمن‌ماه) با اختلاف معناداری از استانداردهای مربوط به تخلیه آبهای سطحی کمتر است. همچنین میزان LAS در تمام ماه‌های سال (به جز سه ماه فصل تابستان) با اختلاف معناداری از استانداردهای مربوط به مصارف آبیاری کشاورزی بیشتر است ($P < 0/001$). میانگین LAS، TSS و COD در ماه‌های مختلف سال با استاندارد محیط زیست ایران مقایسه شد (نمودار 6). با توجه به نتایج ارائه شده و انجام آزمون آماری T-Test تک‌گروهی، مقدار سورفاکتانت آنیونی خروجی در ماه‌های مختلف سال (به جز بهمن‌ماه) به طور معنادار کمتر از استاندارد تخلیه به آبهای سطحی می‌باشد، در حالی که مقادیر آن از نقطه نظر استفاده از پساب در آبیاری کشاورزی در تمام ماه‌های سال (به جز سه ماه فصل تابستان) بیشتر از استاندارد محیط زیست است ($P < 0/05$). همچنین با استفاده از آزمون مذکور مشخص شد که مقدار میانگین به دست آمده برای COD و TSS پساب نهایی در تمام

حاضر همخوانی ندارد. برطبق نتایج به دست آمده میزان حذف TSS نسبت به دو پارامتر دیگر کم تر است. به نظر می رسد دلیل آن غلظت پایین TSS در ورودی به تصفیه خانه است که علت آن نیز می تواند فاصله طولانی خط انتقال فاضلاب باشد که به این ترتیب ترکیبات معلق آلی به میزان بیشتری مورد هیدرولیز قرار می گیرد. همچنین در این فاصله آب های نفوذی به شبکه جمع آوری وارد شده و موجب ترقیق فاضلاب می شوند.

نتایج آزمون آماری ANOVA نشان داد که تفاوت معناداری از نظر درصد حذف LAS در فصول و ماه های مختلف وجود دارد. بدین ترتیب که در ماه های اردیبهشت تا شهریور که دمای هوا بیشتر است، کارایی تصفیه خانه نیز در حذف LAS بیشتر می باشد. مطابق نتایج به دست آمده میانگین حذف LAS در فصل زمستان برابر با 90/8 درصد و در فصل بهار و تابستان برابر با 96/5 درصد است. همچنین کارایی سیستم در حذف کل مواد آلی اکسیژن خواه شیمیایی (COD) و کل مواد جامد معلق (TSS) در فصول گرم و در طی ماه های اردیبهشت تا شهریور به صورت معناداری بیش از فصل سرد می باشد ($P < 0/001$). میزان حذف COD و TSS در فصل زمستان به ترتیب برابر با 88/3 و 72/3 درصد و میزان حذف این پارامترها در فصل تابستان به ترتیب برابر با 86/9 و 83/3 درصد می باشد. در زمینه بررسی حذف LAS در فصول مختلف مطالعاتی در گذشته صورت گرفته است که با نتایج حاضر مطابقت دارد، از جمله در مطالعه ای که تاکادا و اوگورا (Takada and Ogura) انجام دادند، میزان حذف LAS در فصل زمستان کم تر از فصول گرم بود، به طوری که در فصل زمستان این میزان برابر با 80 درصد و در فصول گرم برابر با 99 درصد بود (20). دلیل عمده حذف بیشتر LAS در فصول گرم این است که LAS یک ترکیب قابل تجزیه بیولوژیکی بوده و از آنجا که فعالیت میکروارگانیسم ها در دمای بالا بیشتر است، بنابراین منطقی به نظر می رسد که کارایی حذف LAS و سایر ترکیبات بیولوژیکی در فصول گرم بیشتر باشد.

بود. مطالعات نشان می دهند در صورتی که بهره برداری تصفیه خانه در شرایط مطلوبی باشد، دامنه معمول حذف LAS 97-98 درصد خواهد بود، اما در حالتی که غلظت LAS در ورود به سیستم بالا باشد، کارایی حذف پایین می رود (23). در مطالعه ای که اصغر ابراهیمی و همکاران در سال 2010 انجام دادند میزان کارایی لجن فعال متداول با میانگین غلظت ورودی 5 و 12 میلی گرم در لیتر به ترتیب 94 و 92 درصد به دست آمد (24) که با مطالعه حاضر مطابقت دارد.

در مطالعه حاضر غلظت متوسط LAS در ورودی سیستم برابر با 16 میلی گرم بر لیتر بود که نسبتاً بالاست، بنابراین به نظر می رسد علت پایین بودن میزان حذف آن از سیستم علاوه بر مشکلات بهره برداری از تصفیه خانه فاضلاب کرمانشاه، بالا بودن غلظت LAS در فاضلاب ورودی باشد. غلظت LAS در خروجی از سیستم به طور میانگین برابر با 0/98 میلی گرم بر لیتر بود که کم تر از میزان استاندارد زیست محیطی جهت تخلیه به آب های سطحی (1/5 میلی گرم بر لیتر) ولی بیش از میزان استاندارد آن در استفاده مجدد در کشاورزی (0/5 میلی گرم بر لیتر) است.

در زمینه کارایی سیستم لجن فعال در حذف COD و TSS نیز مطالعات بسیاری صورت گرفته است. از جمله قهرمانی و همکاران در سال 1386، عملکرد سیستم لجن فعال را در استان گلستان از نظر میزان حذف COD و TSS به ترتیب 98/2% و 97/6% گزارش کردند (25). همچنین در مطالعه ای که جعفرزاده و همکاران در سال 1389 انجام دادند، میزان حذف COD در سیستم لجن فعال برابر با 96/6 بود (26). در مطالعه ای دیگر که توسط محمودیان و همکاران صورت گرفت، عملکرد سیستم لجن فعال در شهر قم مورد مطالعه قرار گرفت و پارامترهایی نظیر COD و TSS برای مدت 6 ماه در ورودی و خروجی سیستم اندازه گیری شد. میانگین درصد حذف COD و TSS در این مطالعه به ترتیب برابر با 92/9 و 82 درصد به دست آمد (27)، که با مطالعه

جمع‌کننده فاضلاب کرمانشاه که تغذیه‌کننده مدول یک می‌باشد دارای شبکه جمع‌آوری نیمه‌مرکب است. با این حال مقادیر TSS و COD در خروجی کم‌تر از استانداردهای زیست‌محیطی جهت تخلیه به آب‌های سطحی و استفاده مجدد در کشاورزی است.

نتیجه‌گیری

مطابق نتایج به‌دست‌آمده میانگین حذف LAS در فصل زمستان برابر با 90/8 درصد، در بهار و تابستان برابر با 96/5 درصد و به‌طور کلی برابر با 93/9 درصد به‌دست آمد. با مقایسه مطالعه حاضر با سایر مطالعات مشابه، کارایی کلی سیستم حاضر به نسبت پایین است که یکی از دلایل آن می‌تواند بالا بودن غلظت متوسط LAS در ورودی سیستم باشد. علاوه بر این مشکلات، بهره‌برداری نیز مزید بر علت است. با این حال به غیر از فصول سرد، غلظت خروجی LAS با اختلاف معناداری از استانداردهای مربوط به تخلیه آب‌های سطحی و همچنین آبیاری کشاورزی کم‌تر است.

تشکر و قدردانی

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند که از معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی کرمانشاه به جهت تأمین بودجه این پایان‌نامه دانشجویی در مقطع کارشناسی ارشد رشته مهندسی بهداشت محیط و با شماره طرح تحقیقاتی 88092 تشکر و قدردانی نمایند.

نتایج نشان داد که بین غلظت نمونه‌های جمع‌آوری‌شده در ساعات 8 و 10 صبح با 12 ظهر از نظر پارامترهای موردنظر تفاوت معناداری وجود دارد. بدین‌ترتیب که غلظت LAS با افزایش جریان و رسیدن به جریان پیک در ساعات 12 تا 2 ظهر به‌طور معناداری افزایش می‌یابد. این مسأله برای پارامترهای COD و TSS نیز صادق است و با افزایش جریان فاضلاب و نزدیک شدن به جریان پیک، مقادیر COD و TSS نیز به‌طور معناداری افزایش یافت. اما بر طبق نتایج به‌دست‌آمده در نمونه‌های ساعت 8 صبح با 10 صبح، اختلاف معناداری از نظر غلظت پارامترهای مذکور وجود نداشت.

نتایج همبستگی بین پارامترهای LAS و COD و همچنین LAS با TSS در فاضلاب ورودی و خروجی نشان داد که ارتباط مستقیمی بین این پارامترها به‌ترتیب با ضریب رگرسیون برابر با $R^2=0/95$ و $R^2=0/91$ وجود دارد. بدین‌ترتیب که با افزایش میزان COD و TSS میزان LAS نیز افزایش می‌یافت. به‌نظر می‌رسد که دلیل همبستگی بیشتر LAS با COD این است که بخش زیادی از ساختار LAS یک ترکیب آلی است. با این حال ضریب رگرسیون بین LAS و TSS به نسبت بالاست که این موضوع نشان می‌دهد که درصد بالایی از TSS را نیز مواد آلی تشکیل می‌دهد.

با مقایسه کارایی حذف COD و TSS در این سیستم با سایر مطالعات مشابه مشاهده می‌شود میزان کارایی آن به نسبت پایین می‌باشد که دلیل آن می‌تواند مشکلات بهره‌برداری سیستم باشد. لازم به توضیح است که خط I

References

- Dehghani MH, Najafpoor AA, Azam K. Using sonochemical reactor for degradation of LAS from effluent of wastewater treatment plant. Desalination. 2010;250(1):82-6.
- Mohan PK, Nakhla G, Yanful EK. Biokinetics of biodegradation of surfactants under aerobic, anoxic and anaerobic conditions. Water Res. 2006;40(3):533-40.
- Mungray AK, Kumar P. Anionic surfactants in treated sewage and sludges: risk assessment to aquatic and terrestrial environments. Bioresour Technol. 2008;99(8):2919-29.
- Rosei F. Nanostructured surfaces: challenges and frontiers in nanotechnology. J Phys Condens Matter. 2004;16(17):1373.
- Venhuis SH, Mehrvar M. Health effects, environmental impacts, and photochemical degradation of selected surfactants in water. Int J Photoenergy. 2004;6(5):115-25.

6. AbuHassan MA, Mantzavinos D, Metcalfe IS. Ultrasonic irradiation of the removal of linear alkylbenzene sulphonates (LAS) from wastewater. *J Teknologi*. 2012;46(1):27-40.
7. Boluda-Botella N, Le?n VM, Cases V, Gomis V, Prats P. Fate of linear alkylbenzene sulfonate in agricultural soil columns during inflow of surfactant pulses. *Journal of Hydrology*. 2010;395(3-4):141-52.
8. Méndez-D'áz JD, S'ñchez-Polo M, Rivera-Utrilla J, Bautista-Toledo MI. Effectiveness of different oxidizing agents for removing sodium dodecyl benzene sulphonate in aqueous systems. *Water Res*. 2009;43(6):1621-9.
9. Mungray AK, Kumar P. Fate of linear alkylbenzene sulfonates in the environment: a review. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 2009;63(8):981-7.
10. McAvoy DC, Eckhoff WS, Rapaport RA. Fate of linear alkylbenzen sulfonate in the environment. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 1993;18(6):977-87.
11. Scott MJ, Jones MN. The biodegradation of surfactants in the environment. *Biochim Biophys Acta*. 2000;1508(1-2):235-51.
12. Pirsahab M, Khamutian R, Dargahi A. [Efficiency of the activated sludge process (extended aeration) removal of linear alkyl benzene sulfonate (LAS) from municipal wastewater - case study: wastewater treatment Paveh city, (persian)]. *Journal of Health*. 2013;4(3):249-59.
13. Camacho-Mu?oz D, Mart'ñ J, Santos JL, Aparicio I, Alonso E. Occurrence of surfactants in wastewater: hourly and seasonal variations in urban and industrial wastewaters from Seville (Southern Spain). *Sci Total Environ*. 2014;468-469:977-84.
14. Painter HA, Mosey FE. The question of the anaerobic biodegradability of linear alkylbenzene sulfonates in CESIO. London: International Surfactants Congress and Exhibition. 1992;61-7.
15. Holt MS, Fox KK, Daniel M, Buckland H. Linear alkylbenzene sulfonate and boron monitoring in four catchments in the UK contribution to GREAT-ER. *Sci Total Environ*. 2003 Oct 1;314-316:271-88.
16. Trehy ML, Gledhil WE, Mieure JP, Adamove JE, Nielsen AM, Perkins HO, et al. Environmental monitoring for LAS, DATS and their biodegradation intermediates. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 1996;15(3):233-40.
17. Classer LS, Greenberg AE, Eaton AD. Standard method for the examination of water and wastewater. 21st ed. Washington DC: the American Water Works Association 2005; 589-691.
18. Mara D. Guide for design of stabilization ponds in Iran. Shaghaghi Sh, Asadi R(Persian translators). 1st ed. Tehran: Water and Wastewater Engineering Company 1944; 72-85.
19. Peng JF, Wang BZ, Song YH, Yuan P, Liu Z. Adsorption and release of phosphorus in the surface sediment of a wastewater stabilization pond. *Eco Eng*. 2007;31(2):92-7.
20. Takada H, Ogura N. Removal of linear alkylbenzenesulfonates (LAS) in the Tamagawa Estuary. *Mar Chem*. 1992;37(3):257-73.
21. Watersa J, Feijteb TCJ. Ais/CESIO environmental surfactant monitoring programme: outcome of five national pilot studies on linear alkylbenzene sulphonate (LAS). *Chemosphere*. 1995; 30(10):1939-56.
22. Rapaport RA, Eckhoff WS. Monitoring linear alkyl benzene sulfonate in the environment. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 1990; 9(10):1245-57.
23. Gonzalez S, Petrovic M, Barcelo D. Removal of a broad range of surfactants from municipal wastewater-comparison between membrane bioreactor and conventional activated sludge treatment. *Chemosphere*. 2007;67(2):335-43.
24. Ebrahimi A, Poormoghadas H, Movahedian H, Amin M, Vahid Dastjerdi M, Hosseini E. [Determination of the removal efficiency of linear alkyl benzene sulphonate acids (LAS) in fixed bed aeration tank and conventional activated sludge (persian)]. *Journal of Water and Wastewater* 2010; 77(22):49-56.
25. Zazouli MA, Ghahramani E, Ghorbanian M, Nikouie A, Hashemi M. [Survey of activated sludge process performance in treatment of agghala industrial town wastewater in Golestan province (Persian)]. *IJHE*. 2010; 3(1):59-66.
26. Jaafarzadeh N, Jorfi S, Yaghmaeian K, Talaie A, Hashempour Y. [Effects of biofilm in improvement of activated sludge efficiency for treatment of industrial effluents containing formaldehyde (persian)]. *Koomesh*. 2010;12(2):215-21.
27. Mahmudian MH, Fahiminia M, Sepehrnia B, Heidari E, Khalili A, Hoseini S. [Survey of activated sludge process performance in industrial wastewater treatment (persian)]. Zahedan: 11th National Conference on Environmental Health. 2007; 7-9.